

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11336581 A**

(43) Date of publication of application: **07.12.99**

(51) Int. Cl

F02D 29/02

B60L 11/14

F02B 61/00

F02B 75/06

F02D 29/06

F02N 11/04

(21) Application number: **10143378**

(22) Date of filing: 25.05.98

(71) Applicant: **NIPPON SOKEN INC**

(72) Inventor: ASA HIROTOMO
HORI MASAFUMI
TAKEDA KENJI

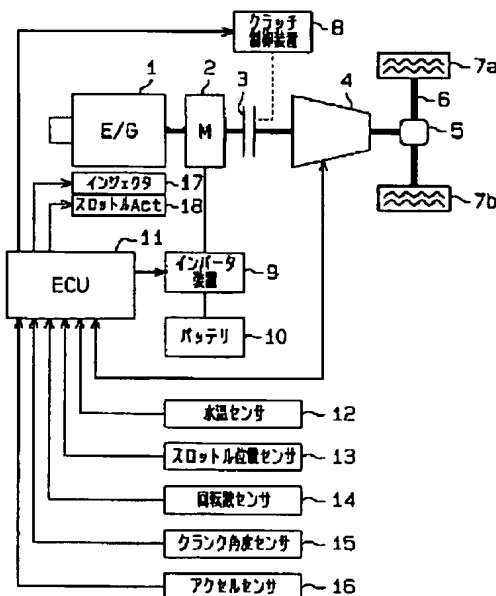
(54) CONTROL DEVICE FOR HYBRID CAR

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

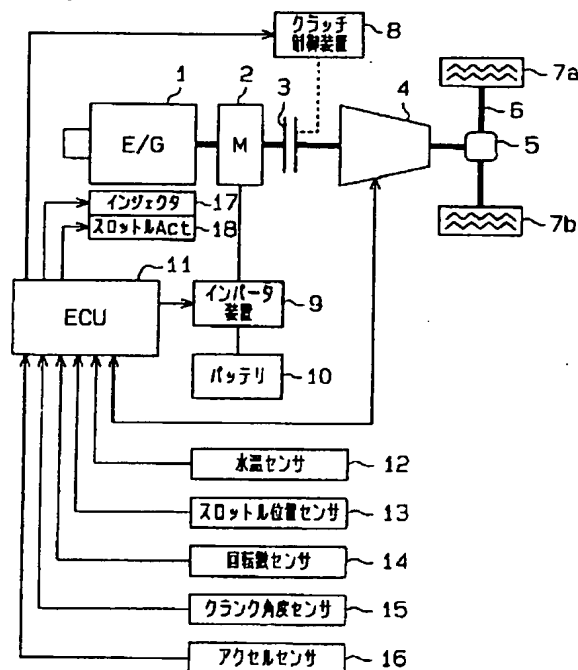
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To absorb torque fluctuation generated in the engine output shaft to realize smooth travelling motion by an electric motor.

SOLUTION: A hybrid car has two power sources, namely an internal combustion engine 1 and an electric motor 2 which are interconnected to drive each other. When a vehicle stops, the internal combustion engine 1 is stopped, and when the vehicle starts, the internal combustion engine 1 is started by torque of the electric motor 2. Taking notice of the change in torque fluctuation level of the internal combustion engine 1 due to the rotation angle of the engine- output shaft, an ECU 11 approximately calculates torque fluctuation components generated in the engine-output shaft using the tertiary or less components of sine function in relation to the order of torque fluctuation due to compression, expansion in the internal combustion engine 1. Further, the ECU 11 adds the calculated torque fluctuation components to a torque command value of the electric motor 2 in an antiphase to correct the torque command value.



(11)特許出願公開番号



【特許請求の範囲】

【請求項1】互いに駆動連結される内燃機関と電動機との2つの動力源を有するハイブリッド自動車に適用され、車両停止時には前記内燃機関を停止させ、車両発進時には前記電動機の回転力により内燃機関を始動させる制御装置において、

前記内燃機関の出力軸に発生するトルク変動成分を算出するトルク変動算出手段と、

前記電動機のトルク指令値に対し前記算出したトルク変動成分を逆位相で加えることで、当該トルク指令値を補正する電動機トルク制御手段とを備えることを特徴とするハイブリッド自動車の制御装置。

【請求項2】前記トルク変動算出手段は、前記内燃機関の出力軸に発生するトルク変動成分を、内燃機関での圧縮、膨張によるトルク変動の次数に対し \sin 関数の3次以下の成分で近似して算出する請求項1に記載のハイブリッド自動車の制御装置。

【請求項3】前記トルク変動算出手段は、前記内燃機関の出力軸に発生するトルク変動成分を、同出力軸の回転角度に対する関数から算出する請求項1又は請求項2に記載のハイブリッド自動車の制御装置。

【請求項4】前記内燃機関の回転数を検出する回転数検出手段を更に備え、

前記電動機トルク制御手段は、前記内燃機関の所定の低回転域でのみ前記のトルク変動補正を有効とし、それ以外の回転域では前記のトルク変動補正を無効とする請求項1～請求項3のいずれかに記載のハイブリッド自動車の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、動力源として内燃機関（エンジン）と電動機（モータ）とを併せ持つハイブリッド自動車に係り、そのハイブリッド自動車の制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】この種の従来技術として、例えば特開平5-302526号公報の「エンジンの回転速度変動抑制装置」では、機関回転速度（瞬時回転速度）を検出すると共に、該検出した機関回転速度をフィードバックして電動機が発生すべきトルクを演算し、その演算結果に基づいて電動機の運転を制御するようにしていた。これにより、電動機が発生トルクを機関回転速度に適合させるようにしていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところでハイブリッド自動車においては、燃費向上のために車両停止時に内燃機関の運転が一時的に停止される。そして、車両の停止と発進とが繰り返されることで、内燃機関も停止と始動とが繰り返される。かかる場合、上記公報の従来技術では、内燃機関（機関出力軸）に発生するトルク変動を受

けて車両の駆動軸（車輪）に振動が伝わるという問題が生ずる。特に車両の発進直後や停止直前においては瞬時回転速度が極低速域にあるためにその瞬時回転速度を正確に検出することができず、回転速度の検出結果を電動機トルクとして適正にフィードバックできないことから上述の問題が顕著となる。

【0004】本発明は、上記問題に着目してなされたものであって、その目的とするところは、機関出力軸に発生するトルク変動を吸収し、電動機による滑らかな走行を実現することができるハイブリッド自動車の制御装置を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明におけるハイブリッド自動車の制御装置では、互いに駆動連結される内燃機関と電動機との2つの動力源を有するハイブリッド自動車に適用され、車両停止時には前記内燃機関を停止させ、車両発進時には前記電動機の回転力により内燃機関を始動させることを前提とする。

【0006】そして、請求項1に記載の発明では、内燃機関の出力軸に発生するトルク変動成分を算出するトルク変動算出手段と、前記電動機のトルク指令値に対し前記算出したトルク変動成分を逆位相で加えることで、当該トルク指令値を補正する電動機トルク制御手段とを備える。

【0007】車両停止状態から発進させる場合や、減速状態で機関回転数が低回転域に達する場合には、内燃機関のモータリングで発生するトルク変動が機関出力軸にのり、そのトルク変動が車輪に伝わって乗り心地を悪化させる。これに対して本発明では、内燃機関で発生するトルク変動成分を求め、そのトルク変動成分を電動機のトルク指令値に対して逆位相で与えることにより、トルク変動の影響が低減される。その結果、機関出力軸に発生するトルク変動を吸収し、電動機による滑らかな走行が実現できる。

【0008】また、機関出力軸の回転角度によって内燃機関のトルク変動レベルが変化することに着目すると、前記トルク変動算出手段は、以下の請求項2、3のように具体化できる。

・請求項2の発明では、内燃機関の出力軸に発生するトルク変動成分を、内燃機関での圧縮、膨張によるトルク変動の次数に対し \sin 関数の3次以下の成分で近似して算出する。例えば図5に示すトルク変動の特性によれば、実測値が \sin 関数で近似できることから、その近似した \sin 関数によりトルク変動成分を算出することが可能となる。

・請求項3の発明では、内燃機関の出力軸に発生するトルク変動成分を、同出力軸の回転角度に対する関数から算出する。

【0009】上記請求項2、3の発明によれば、出力軸の回転角度に応じた機関トルク変動成分の逆位相分を電

10

20

30

40

50

動機のトルク指令値に加えることにより、内燃機関で発生するトルク変動成分が確実に吸収でき、電動機による滑らかな走行が実現される。

【0010】また、請求項4に記載したように、前記内燃機関の回転数を検出する回転数検出手段を更に備え、前記電動機トルク制御手段は、前記内燃機関の所定の低回転域でのみ前記のトルク変動補正を有効とし、それ以外の回転域では前記のトルク変動補正を無効とするとい。

【0011】つまり、機関回転数がある程度まで上昇すると、特にトルク変動を吸収しなくても回転部分の慣性により内燃機関トルク変動が低減され、トルク変動による振動は気にならなくなる。そのため、トルク変動分の補正を低回転域のみに限定し、不要なトルク補正を省略する。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、この発明を具体化した一実施の形態を図面に従って説明する。本実施の形態のハイブリッド自動車は、内燃機関と電動機との2つの動力源で車輪を駆動する、いわゆるパラレルハイブリッドシステムを有するものであって、電動機は内燃機関の動力補助を行うと共に、発電機としてバッテリー充電を行う。図1は、ハイブリッド自動車の車両制御システムの全体構成を示す。

【0013】内燃機関1は4気筒4サイクル内燃機関からなり、その出力軸は電動機2のロータに連結される。電動機2のロータの出力軸はクラッチ3の入力軸に連結される。また、クラッチ3の出力軸は変速機4の入力軸に、変速機4の出力軸はデファレンシャルギア5を介して駆動軸6に連結される。駆動軸6には車輪7a、7bが接続されている。クラッチ3はその結合及び分離がクラッチ制御装置8により制御される。

【0014】インバータ装置9にはバッテリー10が接続される。そして、電動機2の三相コイル（図示略）には、インバータ装置9を介してその時々要求トルクを得るための駆動電流が供給される。車両制御の中核をなす車両制御装置（以下、ECU11という）は内燃機関1、クラッチ制御装置8、インバータ装置9を総合的に制御する。

【0015】内燃機関1には機関運転状態を検出するためのセンサとして、エンジン冷却水の温度を検出するための水温センサ12と、スロットル開度を検出するためのスロットル位置センサ13と、機関回転数を検出するための回転数センサ14と、機関出力軸の角度（クランク角度 θ ）を検出するためのクランク角度センサ15とが設けられる。上記各センサの検出信号は随時ECU11に入力される。また併せて、ECU11には、運転者によるアクセルペダル操作量を検出するためのアクセルセンサ16の検出信号も入力される。なお、アクセルセンサ16はアクセル操作の有無を検出するためのアクセ

ルスイッチを内蔵している。

【0016】ECU11は上記各センサの検出信号を基に、内燃機関1に対しては、燃料噴射を行うインジェクタ17へ燃料噴射量制御信号を出力すると共に、スロットル開度を制御するスロットルアクチュエータ18へスロットル開度制御信号を出力する。また、インバータ装置9に対しては、電動機2の出力トルクを制御するための界磁電流制御信号を出力する。

【0017】以下、本制御システムの作用を説明する。

10 先ずは図2のタイムチャートを用いて本制御の概要を説明する。図2には、車両停止状態から走行が開始され、その後再び車両停止されるまでの過程を示す。

【0018】つまり、図2の時刻t1ではアクセルペダルが踏み込まれ、アクセルスイッチがオンとなる。それに伴いクラッチ3が結合される。この時刻t1では基本的に、アクセル操作量に基づいてトルク指令値が演算され、そのトルク指令値に応じたモータトルクが発生する。それにより、内燃機関1並びに電動機2の回転数が上昇すると共に、車速が次第に上昇する。また特に本実施の形態では、車両の発進のためのトルク変動分加算制御が行われる。つまり、車両発進時においては、内燃機関1がモータリング状態にある時に機関出力軸に発生するトルク変動分の逆位相分だけ、電動機2に対するトルク指令値が加算補正される。

20 【0019】そして、時刻t2で機関回転数が所定値（本実施の形態では、800rpm）に達すると、エンジンイグニッションが開始される。時刻t2～t3では、内燃機関1と電動機2との両出力を使って車両が加速される。その後、時刻t3～t4では車両が定速走行される。このとき、内燃機関1を高効率領域で運転し、余ったエネルギーをバッテリー10に蓄えるため、電動機2に回生トルクが発生する。

30 【0020】時刻t4でアクセルスイッチがオフになると、それ以降エンジンイグニッションが停止されると共に電動機2の回生トルクが上昇し、車両が減速される。そして、時刻t5で車速が所定値（本実施の形態では、10km/h）にまで低下すると、クラッチ3が分離される。そしてその後、車両が停止される。

【0021】ここで、前記時刻t1～t2で実施される電動機2のトルク変動分加算制御について説明する。要するに、内燃機関1で発生するトルク変動は、図4に示されるように機関出力軸の回転角度（クランク角度 θ ）に応じて現れる。同図は4気筒内燃機関について機関出力軸に現れるトルク変動の実測データを示す。なお本内燃機関は、#1→#3→#4→#2の気筒順序で圧縮、膨張等の各行程を繰り返す。

【0022】クランク角度 θ が0度（#1気筒の圧縮上死点）を過ぎるとピストンは膨張行程に入り、燃焼室内で圧縮された空気の圧力によりピストンを押し下げようとするため内燃機関トルクは正となる。その後、次気

筒（#3気筒）の圧縮行程が始まり吸入された空気が圧縮されると、内燃機関トルクは下降に転じる。そして、 $\theta = 90$ 度付近で内燃機関トルクが負となり、 $\theta = 180$ 度（#3気筒の圧縮上死点）付近で内燃機関トルクがボトム値に達する。4気筒内燃機関の場合、機関出力軸の1回転毎（360度毎）に2回のトルク変動が現れる特性となる。

【0023】こうしたトルク変動はモータリング状態、すなわち爆発がない状態で機関回転数と機関温度とが—*

$$\Delta T = - \{ 12 \sin(n\pi(\theta + 70/360)) + 7 \sin(2n\pi(\theta + 110/360)) \} \quad [N \cdot m]$$

但し、「 n 」は内燃機関1の気筒数を示し、本実施の形態では $n = 4$ である。上式において右辺前項はトルク変動成分の1次成分に相当し、後項は2次成分に相当する。

【0025】上記の通りトルク変動成分を近似すると、図5に破線で示されるように、実測値（実線）にほぼ一致する特性が得られる。このトルク変動成分の補正により内燃機関1のトルク変動が吸収され、車両発進時の滑らかな走行が可能となる。

【0026】なお図2では、車両減速時において、クラッチ3を分離することで車両停止させたが（時刻 t_5 ）、クラッチ3が結合状態のまま機関回転数が0rpm付近まで下降する場合には、電動機2による回生ブレーキを行い、車両発進時と同様に、内燃機関トルク変動分と逆位相の変動値（ ΔT ）を回生トルク指令値に加算する。これにより、車両減速時にも内燃機関のトルク変動を吸収し、滑らかな走行が可能となる。

【0027】次に、ECU11が実行する電動機2のトルク制御手順について図3のフローチャートを用いて詳細に説明する。図3の処理はメインルーチンとしてECU11により繰り返し実行される。

【0028】図3において、ECU11は、先ずステップ101でトルク制御の実施条件を判別する。トルク制御の実施条件としては例えば、（イ）機関回転数 N_e が「0rpm」以上であること、（ロ）アクセルペダルが踏み込み操作されていること、を含み、上記（イ）、（ロ）の何れかが満たされる場合に条件成立の旨を判別する。上記条件判別には、回転数センサ14やアクセルセンサ16の検出値が使われる。そして、ECU11は、条件成立であればステップ102以降のトルク制御処理を実行し、条件不成立であればトルク制御を行うことなく本ルーチンを一旦終了する。

【0029】ステップ102では、ECU11は電動機2のトルク変動分加算制御を行う。すなわち、アクセル操作量に対応するトルク基本値 T_0 と、内燃機関1のトルク変動分に対する逆位相の変動値（ $-\Delta T$ ）と、温度補正項（ $k \cdot t_w$ ）とから、 $T = T_0 + (-\Delta T \cdot k \cdot t_w)$

として電動機2のトルク指令値 T を求め、そのトルク指

* 定条件下にあれば、ほぼ同様の特性を示すことが本願発明者により確認されている。また、上記トルク変動は内燃機関1の圧縮、膨張によるトルク変動の次数に対し \sin 関数の3次以下の成分で近似できることが、実車を用いた実験で明らかになっている。

【0024】そこで本実施の形態では、上記図4の特性を \sin 関数で近似した次式を用い、クランク角度 θ 毎にトルク変動値 ΔT を算出する。

令値 T をインバータ装置9への送信データとしてメモリに一旦格納する。但し、「 t_w 」は水温センサ12により検出された水温データである。

【0030】次に、ECU11は、ステップ103で機関回転数 N_e が上昇しているか否かを判別する。そして、回転上昇時である旨を判別すると、ECU11はステップ104で機関回転数 N_e が所定値（800rpm）以上であるか否かを判別する。また、回転下降時である旨を判別すると、ECU11はステップ105で機関回転数 N_e が所定値（600rpm）以下であるか否かを判別する。

【0031】回転上昇で且つ $N_e < 800$ rpmの場合（ステップ103がYES、ステップ104がNO）、或いは回転下降で且つ $N_e \leq 600$ rpmの場合（ステップ103がNO、ステップ105がYES）、ECU11はそのまま本ルーチンを終了する。これにより、前記ステップ102で演算されたトルク指令値 T がインバータ装置9に送信される。インバータ装置9は、トルク指令値 T に応じて電動機トルクを制御する。

【0032】また、回転上昇で且つ $N_e \geq 800$ rpmの場合（ステップ103、104が共にYES）、或いは回転下降で且つ $N_e > 600$ rpmの場合（ステップ103、105が共にNO）、ECU11はステップ106に進み、内燃機関1のトルク変動分に対する逆位相の変動値（ $-\Delta T$ ）をキャンセルする。すなわち、 $T = T_0$

として、そのトルク指令値 T をインバータ装置9に送信して電動機トルクを制御する。

【0033】機関回転数 N_e が所定値（800rpm）以上に上昇した後、並びに機関回転数 N_e が所定値（600rpm）まで下降する以前において、トルク変動分加算制御をキャンセルするようにしたが、これは以下の理由による。通常、機関回転数 N_e が上昇すると特にトルク変動を吸収しなくても回転部分の慣性により内燃機関トルク変動が低減され、機関回転数 N_e がアイドリング回転相当の800rpm程度になるとトルク変動による振動は気にならなくなる。そのため、ステップ104がYESの場合やステップ105がNOの場合には、トルク変動分の補正を無効化する。

【0034】以上詳述した本実施の形態によれば、以下に示す効果が得られる。

(a) 本実施の形態では、機関出力軸に発生するトルク変動成分(ΔT)を算出し、電動機2のトルク指令値に対し前記算出したトルク変動成分(ΔT)を逆位相で加えることで、当該トルク指令値を補正するようにした。本構成によれば、機関出力軸に発生するトルク変動を吸収し、電動機2による滑らかな車両走行が実現できる。

【0035】図6には、実車を用いたトルク変動低減試験の結果を示す。同図によれば、前記電動機2のトルク変動分加算制御(図3のステップ102)を実施することで、当該制御を実施しない場合に比べて、内燃機関1の圧縮、膨張によるトルク変動成分が大きく低減できるのが分かる。

【0036】(b) 機関出力軸の回転角度(クランク角度 θ)によって内燃機関1のトルク変動レベルが変化することに着目し、クランク角度 θ をパラメータとした先の \sin 関数によりトルク変動成分を近似するようにした。これにより、機関出力軸に発生するトルク変動成分が容易に且つ確実に吸収できる。

【0037】(c) トルク変動分を演算する際、水温 t_w に応じた補正を行った。そのため、エンジンフリクションに応じたトルク変動成分の差異が補正され、より適正なトルク制御が実現できる。この場合、温度補正のパラメータとしては、機関温度を表すものであればよく、シリンダ壁面温度など、他の温度データでもよい。

【0038】(d) 内燃機関1の所定の低回転域でのみトルク変動補正(トルク変動分加算制御)を有効とし、それ以外の回転域ではトルク変動補正(トルク変動分加算制御)を無効とした。これにより、トルク変動分の補正が低回転域のみに限定され、不要なトルク補正が省略される。

【0039】(e) トルク変動分の補正に際し、その補正の要否を判定するための機関回転数にヒステリシスを設けた(図3のステップ104、105)。これにより、トルク制御のハンチングが防止される。

【0040】なお、本発明の実施の形態は、上記以外に次の形態にて具体化できる。上記実施の形態では、 \sin 関数の近似式を用い、機関出力軸に発生するトルク変動成分を算出したが、この構成を変更する。すなわち、機関出力軸のトルク変動成分はモータリング状態で機関回転数と機関温度とが一定条件下にあれば、ほぼ同様の特性を示すことから、クランク角度、機関回転数、機関温度に対応するトルク変動の特性をECU1内に予め

記憶させておく。そして、ECU1内に記憶された特性に基づき、その時々 crank 角度情報や温度情報などに応じてトルク変動成分を推定する。かかる場合にも、上記実施の形態と同様に、機関出力軸に発生するトルク変動を吸収し、電動機2による滑らかな走行が実現できる。

【0041】こうしてECU1内に記憶されるトルク変動特性は、機関運転状態毎に学習されて、その記憶データが適宜更新されるとよい。この場合、経時変化に伴う特性変化にも対処できるようになる。

【0042】上記実施の形態では、トルク変動成分の1次成分と2次成分との合成によりトルク変動値 ΔT を算出したが、これに3次成分を加えてもよい。3次成分を加えることで、より緻密なトルク制御が可能となる。勿論、4次以上の高次成分を加えることも可能であるが、3次以下の成分でトルク変動成分を近似することにより、十分な制御精度が確保できると考えられる。

【0043】また、 \sin 関数以外の関数にてトルク変動成分を算出することも可能である。この場合、機関出力軸の回転角度に対する関数としてトルク変動成分を与えることで、既述通りの効果が得られる。

【0044】上記実施の形態では、4気筒4サイクル内燃機関に本発明を具体化した。他の内燃機関で具体化してもよい。例えば単気筒内燃機関や4気筒以外の多気筒内燃機関に具体化したり、2サイクル内燃機関に具体化したりしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】発明の実施の形態におけるハイブリッド自動車の車両制御システムの概要を示す全体構成図。

【図2】本制御の概要を説明するためのタイムチャート。

【図3】電動機トルクの制御手順を示すフローチャート。

【図4】クランク角度に対するトルク変動特性を示す図。

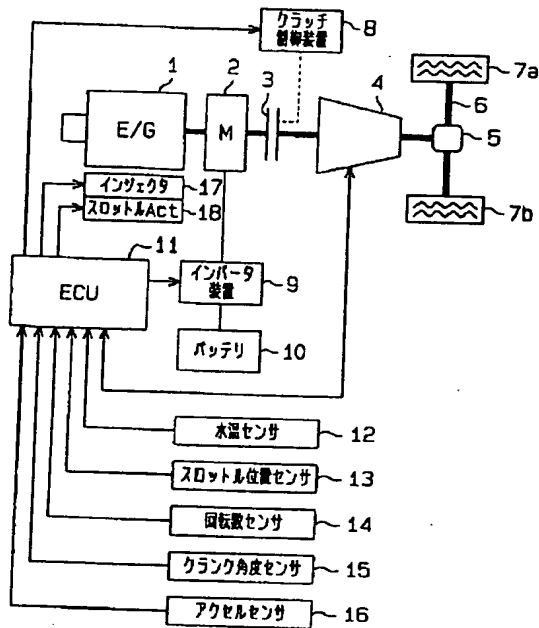
【図5】クランク角度に対するトルク変動特性を示す図。

【図6】トルク変動の時間軸波形とパワースペクトル波形とを示す図。

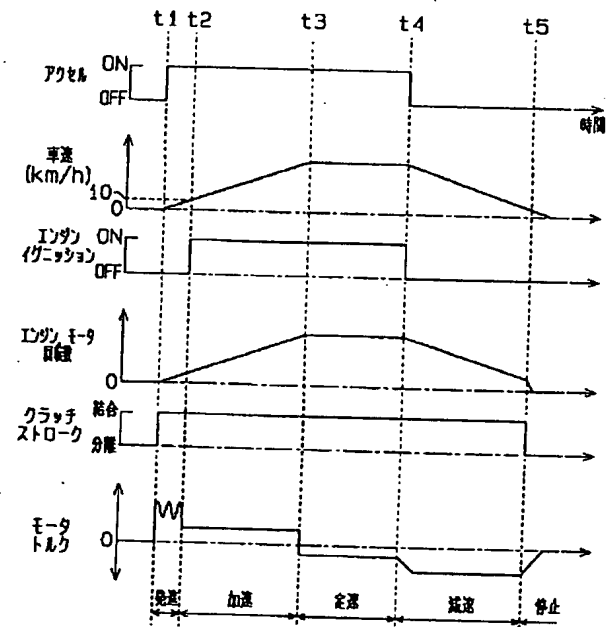
【符号の説明】

1…内燃機関、2…電動機、7a、7b…車輪、11…トルク変動算出手段、電動機トルク制御手段を構成するECU(電子制御装置)、14…回転数検出手段を構成する回転数センサ。

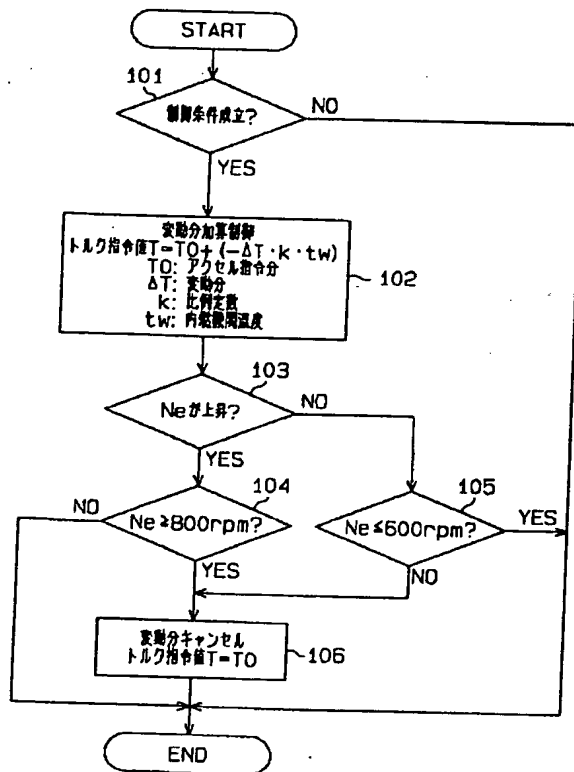
【図1】



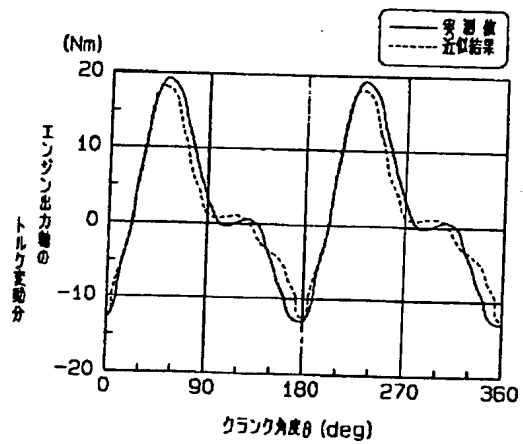
【図2】



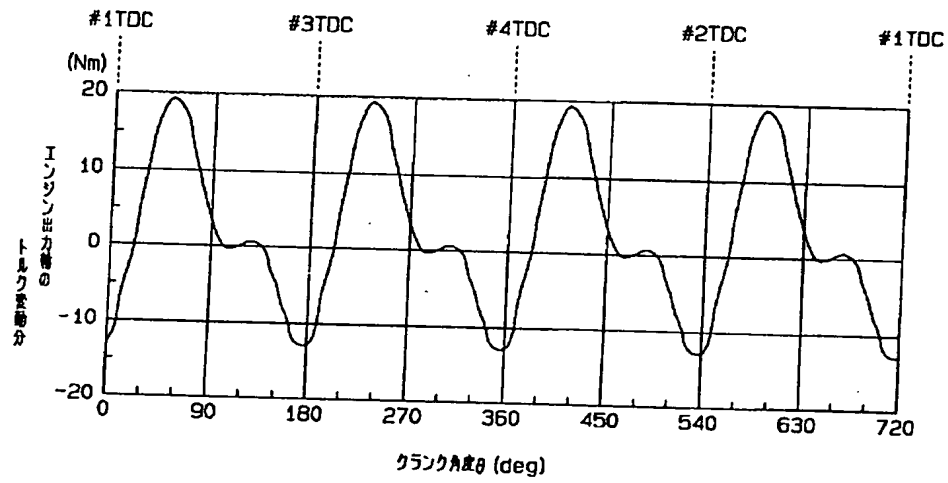
【図3】



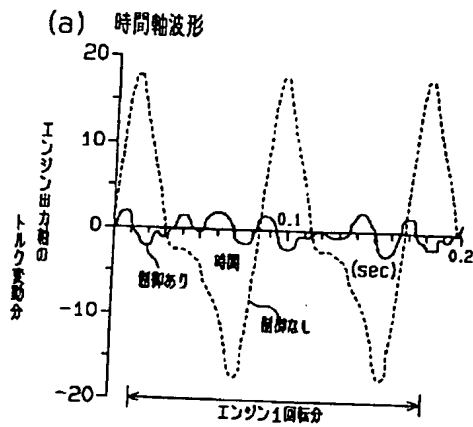
【図5】



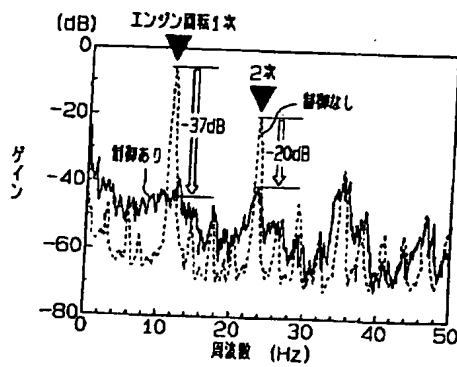
【図4】



【図6】



(b) パワースペクトル波形



(8)

特開平11-336581

フロントページの続き

(51)Int.Cl.[°]

F02N 11/04

識別記号

F I

F02N 11/04

D
C